このドキュメントについて

このドキュメントは、アジレント・テクノロジー ウェブサイトによって、お客様に製品のサポートをご提供するために公開しております。印刷が判読し難い箇所または古い情報が含まれている場合がございますが、ご容赦いただけますようお願いいたします。
今後、新しいコピーが入手できた場合には、アジレント・テクノロジー ウェブサイトに追加して参ります。

本製品のサポートについて

この製品は、既に販売終了またはサポート終了とさせていただいている製品です。弊社サービスセンターでは、この製品の校正は実施できる可能性があります（修理部品が不要な場合など）が、その他のサポートはご提供いたしかねます。誠に恐縮ではございますが、ご理解願います。
なお、この製品に関するその他の情報や、代替製品情報などは、弊社 電子計測 ウェブサイト http://www.agilent.co.jp/find/tm にて、できるだけご提供しておりますので、ご利用ください。

訂正のお願い

本文中に「HP」または「YHP」とある語句を、「Agilent」と読み替えてください。
また、「横河・ヒューレット・パッカード株式会社」、「日本ヒューレット・パッカード株式会社」とある語句は、それぞれ、「アジレント・テクノロジー株式会社」と読み替えてください。
ヒューレット・パッカード社の電子計測、自動計測、半導体製品、ライフライフサイエンスのビジネス部門は、1999年11月に分離独立してアジレント・テクノロジー社となりました。
社名変更に伴うお客様の混乱を避けるため、製品番号の前に付されたブランドのみ
HPからAgilent へと変更しております。
（例：旧製品名 HP 8648は、現在 Agilent 8648として販売いたしております。）

Agilent Technologies

HP 87510A ゲイン・フェーズ・アナライザ

オプション S03 取扱説明書

HP Part No. 87510-97007
Microfiche Part No. 87510-97057
Printed in JAPAN 1994 年 7 月

© Copyright 1994 Yokogawa-Hewlett-Packard, LTD.
禁無断転載　横河・ヒューレット・パッカード株式会社

印刷履歴

1994年7月 ..... 初版

目次

1. 概要

2. 測定方法
ドライブレベル特性測定 2-1
振動子の 3dB 帯域幅が決まっていない場合 2-2
測定に必要なパラメータ 2-3
測定結果 2-4
追従測定がうまくいかない場合 2-5
プログラム・リストの解説 2-6
振動子の 3dB 帯域幅が決まっている場合 2-11
測定に必要なパラメータ 2-11
測定結果 2-12
追従測定がうまくいかない場合 2-12
プログラム・リストの解説 2-13
ドライブレベルの結果表示について 2-14
経時特性測定 2-15
測定に必要なパラメータ 2-15
測定結果 2-15
プログラム・リストの解説 2-16

3. 位相追従機能での注意点
位相追従がうまくいかない場合の原因と対策 3-1
位相追従機能での制限 3-1

4. オプション S03 なしの HP 87510A との相違点
オプション S03 での制限 4-1
オプション S03 のみの機能 4-1

5. 位相追従機能の動作説明

6. オプション S03 特有のコマンド・リファレンス
FREELIST␣{OFF|ON} 6-1
LINM{F|P} 6-1
PTFR␣<数値> 6-1
PTFRBW␣<数値> 6-2
PTFRSR <数値> 6-2
PTFOVHD␣<数値> 6-2
PTPMNUM␣<数値> 6-2
PTRACK␣{OFF|ON} 6-3
PTRUPD␣{OFF|ON} 6-3
PTSTAT? 6-3
PTTRGLMT␣<数値> 6-3

PTTRGPHS␣<数値> 6-4

図一覧

1-1. ドライブレベル特性測定 1-1
1-2. 経時特性測定 1-2
2-1. 測定結果表示例 2-2
2-2. 3dB 帯域幅が決まっていない場合の測定 2-3
2-3. 結果表示 2-4
2-4. 3dB 帯域幅が決まっている場合の測定 2-11
2-5. 結果表示 2-16
5-1. 位相追従測定 5-2

1

概要

このオプションはクリスタル振動子の共振周波数 (Fr) および共振インピーダンス (CI) のドライブレベル特性を高速かつ高精度に行うためのオプションです。

このオプションでは高速な共振特性測定を実現するために、位相追従機能を採用しています。位相追従機能は、測定信号を定められた共振の位相値（一般には 0°）になるように追従させ、その位相での周波数とインピーダンスを求める機能です。この機能の代表的な使用例であるドライブレベル特性測定では、ドライブレベルを掃引しながら、その都度、共振周波数と共振インピーダンス値だけを測定していきますので、高速な測定が可能になります。実際には図 1-1 のように横軸ドライブレベル、縦軸に共振周波数と共振インピーダンスで結果を表示します。共振周波数は絶対値ではなく、最小レベルでの共振周波数または公称共振周波数を基準として、その値からの相対値で表示されます。

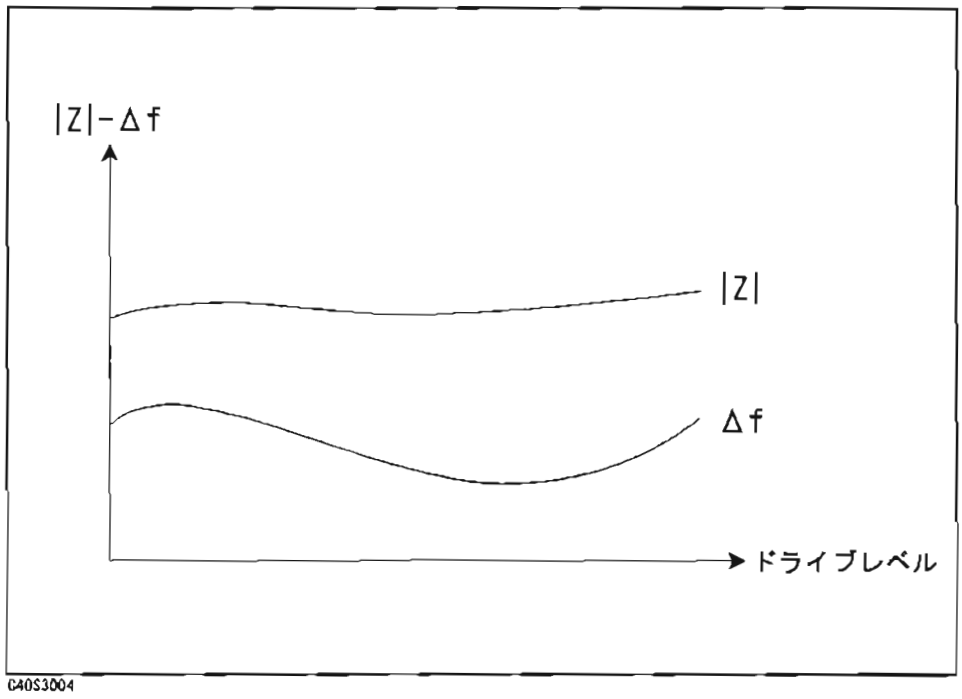


図 1-1. ドライブレベル特性測定

また、ドライブレベルを一定にしたまま、位相追従機能で測定することにより、共振周波数と共振インピーダンスの経時特性も測定することができます。この経時特性測定の応用測定として、振動子周りの温度を時間にあわせて変化させることで、温度特性測定を行うことができます。

実際の測定では図 1-2 のように横軸に時間、縦軸に共振周波数と共振インピーダンスで結果を表示します。ドライブレベル特性測定と同様に、共振周波数は絶対値ではなく、測定開始点での共振周波数または公称共振周波数を基準として、その値からの相対値で表示されます。

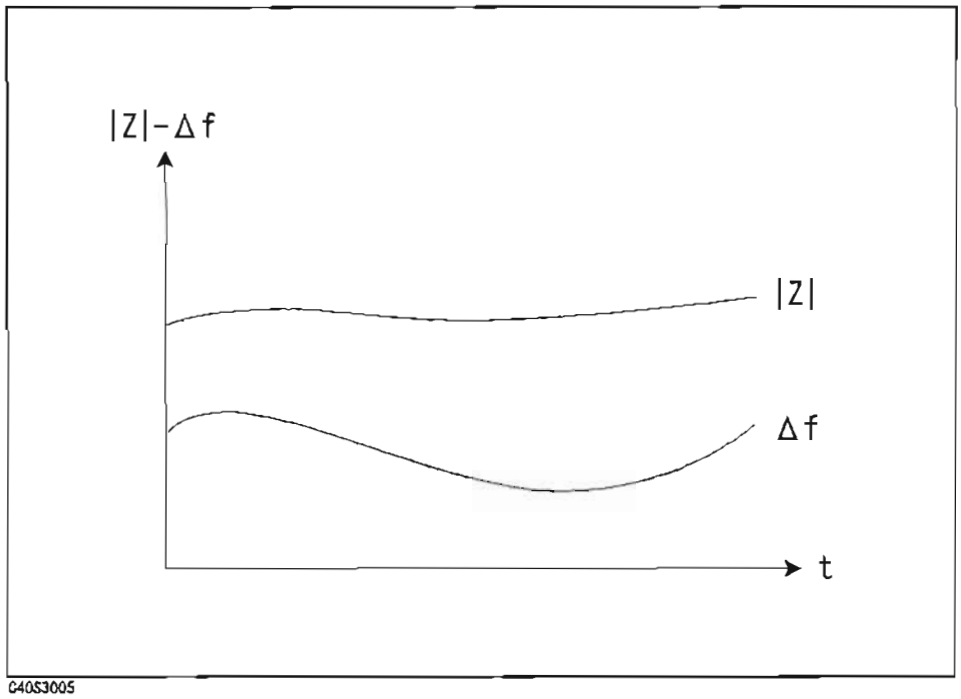


図 1-2. 経時特性測定

位相追従機能についての詳しい説明は第 5 章をご覧ください。

2

測定方法

位相追従機能を使って、ドライブレベル特性や経時特性測定（温度特性測定）を行う場合はプログラムを使って測定します。各サンプルプログラムを付属のサンプルプログラム・ディスクに用意しています。ここでは、サンプルプログラムを使った測定方法を説明します。

位相追従機能では、位相追従の為に 3dB 帯域幅の情報が必要です。振動子の 3dB 帯域幅がほぼ一定で、あらかじめ値を入力できる場合と個々のデバイスで 3dB 帯域幅が一定でない場合の 2 つの場合におけるプログラムが用意されています。

ドライブレベル特性測定

ドライブレベル特性測定のサンプルプログラムは、以下の条件で作られています。

- π型ネットワーク治具を使用します。（使用しない場合はドライブレベルの換算が異なります。）
- 特性インピーダンスは、一般的なπ治具にあわせて 12.5Ωに設定しています。
- 共振時の振動子へのドライブレベル [μW] と共振抵抗 [Ω] から本器のパワー・レベル [dBm] を計算して設定します。
- ドライブレベルはアップ・スイープとダウン・スイープの両方を一度に行うようにしていますので、表示結果は図 2-1 に示すような形式になります。

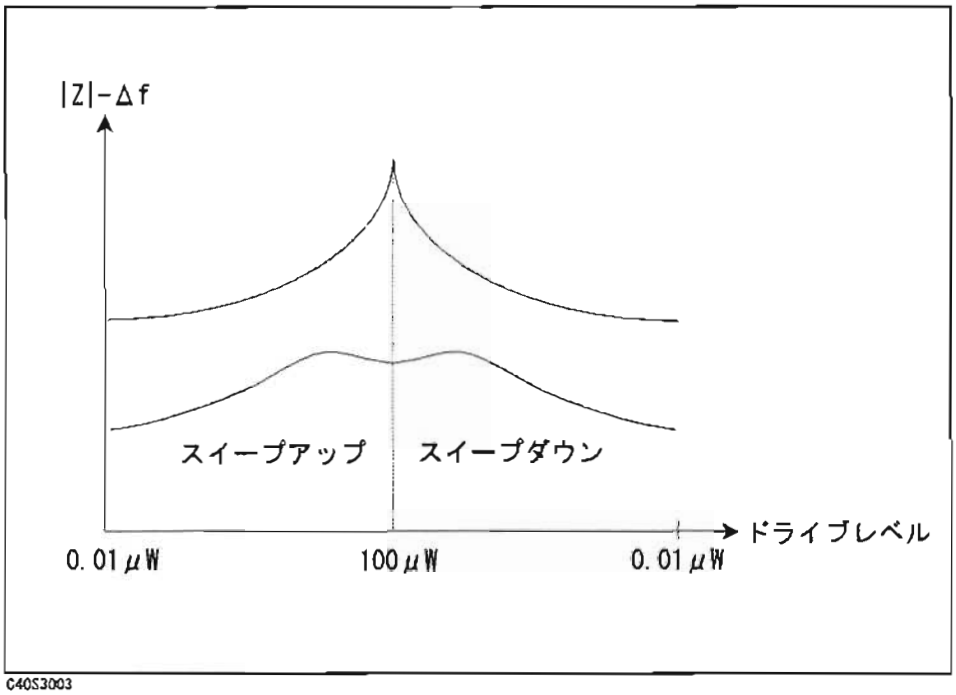


図 2-1. 測定結果表示例

振動子の 3dB 帯域幅が決まっていない場合

付属のサンプルプログラムディスクの S03_D2CH_P プログラムを使って測定を行います。

このプログラムでは、チャンネル 1 において、最小ドライブレベルで周波数掃引を行い、3dB 帯域幅を求め、その後チャンネル 2 で位相追従機能を使ったドライブ特性測定を行います。

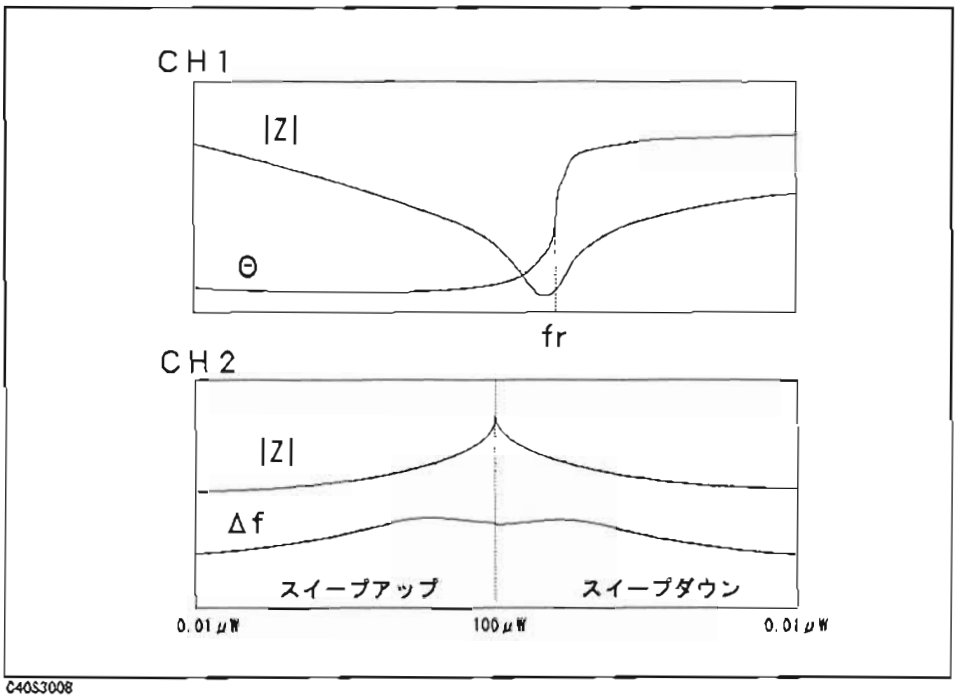


図 2-2. 3dB 帯域幅が決まっていない場合の測定

測定に必要なパラメータ

このプログラムを実行させると以下のパラメータの入力が必要になります。

- 3dB 帯域幅を求めるために必要なパラメータ（チャンネル 1）
  - 振動子の公称共振周波数（センター周波数の設定）
  - 周波数掃引スパン
  - IF バンド幅
  - 測定点数
- ドライブ特性測定の設定パラメータ（チャンネル 2）
  - アッテネータ切り替えによって生じる振動子の応答の乱れを落ち着かせる為の待ち時間（10 msec から 40 msec 程度にしてください。）
  - 追従する位相値（通常は 0°）
  - 位相追従の範囲（通常は 8°、詳しくは第 5 章をご覧ください。）
  - 位相追従を行う前の振動子が落ち着くまで行う待ち測定の回数（振動子によって異なりますが、5 回ぐらいが適当です。）
  - Z - Δf 表示、または Z - 位相（通常は Z - Δf 表示）
  - IF バンド幅
  - 最小ドライブレベル
  - 最大ドライブレベル
  - 最小ドライブレベルでの共振抵抗値
  - 最大ドライブレベルでの共振抵抗値

□ 測定点数（アップ・スイープの値、ダウン・スイープは同じ値になります。）（レベルを 10 倍変化させる間に 3 点は最低必要です。）

以上の入力項目は、プログラムを実行すると入力が要求されますので、画面の指示にしたがって入力してください。上記の項目順にプログラムの入力も要求されます。

測定結果

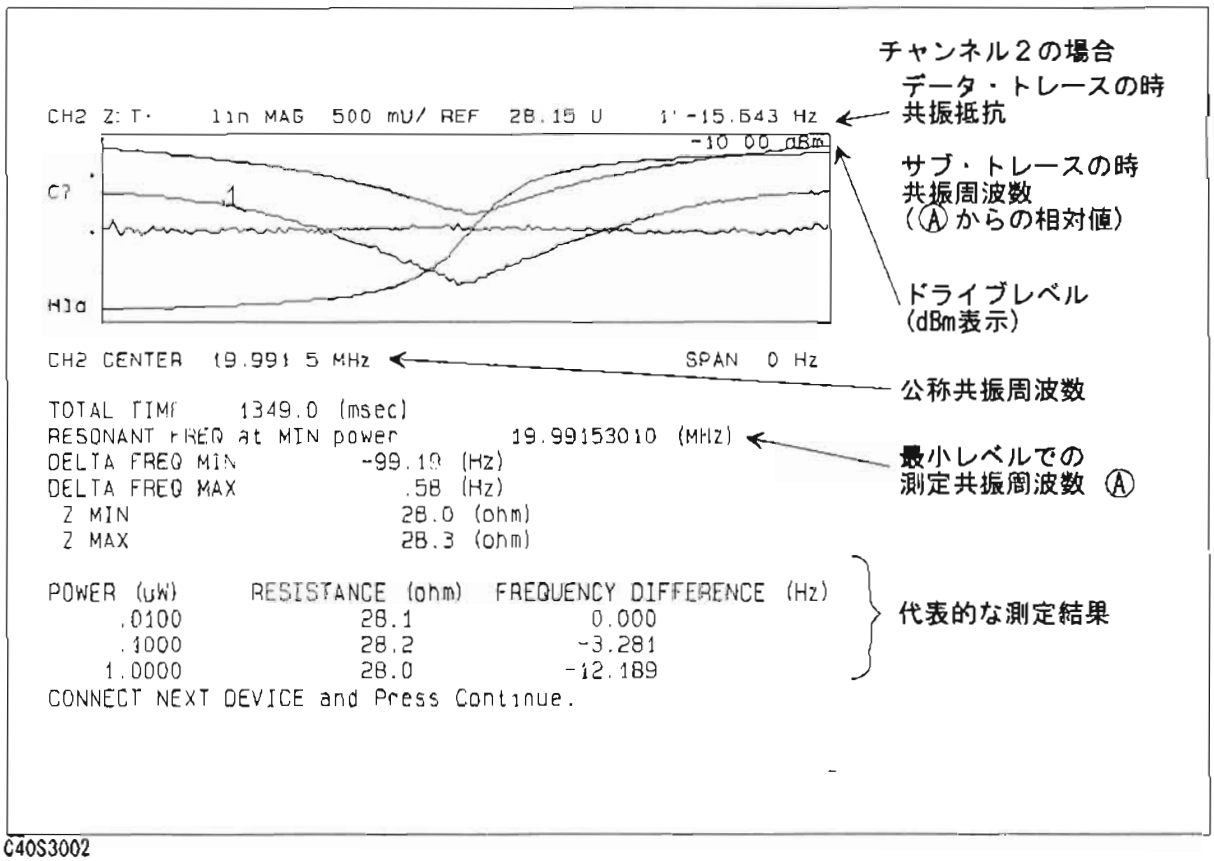
このプログラムを実行すると以下の結果が得られます。

図 2-3 は結果表示画面を示しています。画面上半分には測定画面が、下半分には最小ドライブレベルでの共振周波数や、代表的なドライブレベル（[W] 表示）での共振周波数と共振インピーダンスが表示されます。

画面上半分の測定画面はチャンネル 1 とチャンネル 2 が重なった状態で表示されていますので、4 本の測定波形が表示されます。

測定画面の横軸（ドライブレベル）の値はマーカの読みで表示されます。通常、スティミュラスのセンター、スパンを示す場所では表示されませんのでご注意ください。測定波形において、データ・トレースでは共振インピーダンス、サブ・トレースでは共振周波数（Δf）を示します。

共振周波数（Δf）表示では、表示値は最小ドライブレベルで測定された共振周波数からの相対値で表示されています。



C40S3002

図 2-3. 結果表示

追従測定がうまくいかない場合

追従測定がうまくいかない場合は、"CH2 TARGET VALUE NOT FOUND"が測定画面に表示され、終了後、BASIC 画面には"FAIL　CONNECT NEXT DEVICE and Press Continue"が表示されます。原因や対策は第 3 章の「位相追従がうまくいかない場合の原因と対策」をご覧ください。

プログラム・リストの解説

このプログラムでは、チャンネル１において周波数掃引を行い、3dB 帯域幅を求め、その後チャンネル２で位相追従機能を使ったドライブレベル特性測定を行ないます。チャンネル１、チャンネル２それぞれの測定はサブルーチン Measurement で行っており、その前のサブルーチンはそれぞれのチャンネルの測定に必要な設定を行ないます。

```
1000 !***********************************************
1010 !*
1020 !* FILE:          S03_D2CH_P
 :       :
1540  OUTPUT @Hp87510;"PRES"
1550  GOSUB Setting
1560  GOSUB Default_track
 :      :
1590  GOSUB Power_setup
1600  GOSUB Set_ch1 ! チャンネル１のスティミュラスの設定を行います。
1610  GOSUB Pi_cal  ! π治具用校正を行います。詳しくは『HP-IB プログラミングガイド』をご覧ください
1620  CLEAR SCREEN
1630  GOSUB Set_ch1_power ! チャンネル１のドライブレベルの設定を行います。
1640  GOSUB Set_ch2
1650  GOSUB Tracking_setup
1660  GOSUB Marker_setup
1670  GOSUB Print_setup
1680  GOSUB Measurement
1690 !
1700  STOP
  :       :
1760 !  ************  DEFALUT VALUES  ************
1770 !
1780 Default_sett:!
1790  Z0=12.5
1800  Center=19.9915    ! チャンネル１のセンター周波数(MHz)
1810  Span1=3           ! チャンネル１のスパン(kHz)
1820  Nop1=201          ! チャンネル１の測定点数
1830  Wait_time=10      ! アッテネータの切り替え待ち時間(msec)
1840  Ifbw1=1000        ! チャンネル１のIFバンド幅(Hz)
1850  RETURN
1860  !
1870  !
1880 Default_power:!
1890  W(1)=.01          ! 最小ドライブレベル（チャンネル２）(μW)
1900  W(2)=100          ! 最大ドライブレベル（チャンネル２）(μW)
1910  R(1)=10           ! 最小ドライブレベルでの共振抵抗値(Ω)
1920  R(2)=10           ! 最大ドライブレベルでの共振抵抗値(Ω)
1930  P_nop=101         ! ドライブ特性測定（チャンネル２）の測定点数
1940  RETURN
1950  !
1960  !
1970 Default_track:   !
1980  Ifbw2=1000        ! チャンネル２のIFバンド幅
2000  Targetphase=0     ! 追従する位相値
2010  Phaselimit=8      ! 位相追従の範囲
2030  Premeas_num=5     ! 位相追従機能を行う前に振動子が安定するまで行う待ち測定の回数
2040  Format_para=1     ! 結果表示の設定（Z - Δf=1, Z - 位相=2）
2050  RETURN
2060  !
2100 Setting:!
  :       :
2260  Wait_count=Wait_time*4 ! アッテネータの切替時間をカウント数に変換します。1(count)=0.25(ms)
  :       :
```

```
2330  RETURN
2350 !
2360 Power_setup: !
 :        :
このサブルーチンでは、最小ドライブレベル[W(1)]/最大ドライブレベル[W(2)]、
およびそれぞれの共振抵抗値[R(1),R(2)]から本器のパワーレベルの最小値[P_min]/最大値[P_max]を設定します。
「HP-IBプログラミング・ガイド」の「クリスタル振動子の共振点の近傍を拡大した解析」
の中でも使われていますので参考にしてください。
 :      :
2680  RETURN
 :      :
2940 Set_ch2:!
2950  OUTPUT @Hp87510;"CHAN2;AR"
2960  OUTPUT @Hp87510;"HOLD"
2970  OUTPUT @Hp87510;"FREELIST ON" ! 拡張リスト・スイープ機能ON (S03コマンド)
2980  OUTPUT @Hp87510;"COUC OFF" ! 位相追従機能使用の際はOFFにしてください。
2990  OUTPUT @Hp87510;"SPAN 0"
3000  GOSUB List_set_linear
3010  OUTPUT @Hp87510;"ATTW "&VAL$(Wait_count) ! アッテネータ切替時の待ち時間設定
3020  OUTPUT @Hp87510;"DISG OFF"
3030  OUTPUT @Hp87510;"SETZ ";Z0
3040  OUTPUT @Hp87510;"CONVZTRA"
3050  RETURN
3060  !
3070  !
3080 List_set_linear:  ! パワーレベルの最小値/最大値と測定点数よりリスト・テーブルを作成します。
3090  ! S03のドライブレベルの設定はリスト・テーブルを使って行わなければなりません。
3100  DISP "Making List Table "
3110  !
3120  V_min=SQRT(50*((10^(P_min/10))/1000)) ! [dBm]の値を[V]に変換します。
3130  V_max=SQRT(50*((10^(P_max/10))/1000)) !
3140  V_step=(V_max-V_min)/(P_nop-1)        !
3150  Volt(1)=V_min
3160  Pwr(1)=10*LGT(1000*((Volt(1)^2)/50))
3170  FOR I=2 TO P_nop
3180    Volt(I)=Volt(I-1)+V_step
3190    Pwr(I)=10*LGT(1000*((Volt(I)^2)/50))    ! Power [dBm]
3200  NEXT I
3210  !
3220  K=2*P_nop
3230  FOR I=1 TO P_nop
3240    Pwr(K)=Pwr(I)
3250    K=K-1
3260  NEXT I
3270  !
3280  OUTPUT @Hp87510;";UPDD OFF" ! 画面書き換えを行わないようにし、処理を早くさせます。
3290  OUTPUT @Hp87510;";CLEL" ! リスト・テーブルのクリア
3300  OUTPUT @Hp87510;";EDITLIST"
3320  FOR I=1 TO P_nop ! アップ・スイープのリスト・テーブルを作成します。
3330    OUTPUT @Hp87510;";SADD"
3340    OUTPUT @Hp87510;";CENT ";Center
3350    IF I=1 THEN
3360      OUTPUT  @Hp87510;";SPAN 0"
3370      OUTPUT @Hp87510;";POIN 1"
3380    END IF
3390    OUTPUT @Hp87510;";POWE ";Pwr(I)
3400    GOSUB Ifbw_setting ! IFバンド幅を設定します。
3410    OUTPUT @Hp87510;";SDON"
3420  NEXT I
3440  FOR I=P_nop TO 1 STEP -1 ! ダウン・スイープのリスト・テーブルを作成します。
3450    OUTPUT @Hp87510;";SADD"
```

```
3460    OUTPUT @Hp87510;";CENT ";Center
3470    OUTPUT @Hp87510;";POWE ";Pwr(I)
3480    GOSUB Ifbw_setting ! IFバンド幅を設定します。
3490    OUTPUT @Hp87510;";SDON"
3500  NEXT I
3520  OUTPUT @Hp87510;";EDITDONE"
3530  OUTPUT @Hp87510;";UPDD ON" ! 画面書き換えを行うようにします。
3540  OUTPUT @Hp87510;";LISFREQ" ! 掃引をリスト掃引にします。
3550  OUTPUT @Hp87510;";LISDOBASE"
3560  DISP
3570  BEEP
3590  RETURN
 :    :
4140 Tracking_setup: !
4150  OUTPUT @Hp87510;"DISAHIHB"
4160  GOSUB Format_set
4190  OUTPUT @Hp87510;"PTTRGPHS ";Targetphase ! 追従する位相値(S03コマンド)
4200  OUTPUT @Hp87510;"PTTRGLMT ";Phaselimit  ! 位相追従の範囲(S03コマンド)
4210  OUTPUT @Hp87510;"PTPMNUM ";Premeas_num  ! 振動子が安定するまで行う待ち測定の回数(S03コマンド)
4220  OUTPUT @Hp87510;"PTFRUPD ON"
4230  RETURN
4250  !
4260 Format_set:!
4270  SELECT Format_para
4280  CASE 1
4290    OUTPUT @Hp87510;"LINMF" ! Z - Δf表示(S03コマンド)
4300  CASE 2
4310    OUTPUT @Hp87510;"LINMP" ! Z - 位相表示(S03コマンド)
4320  END SELECT
4330  RETURN
4350  !
4360 Pt_status: !
4370  OUTPUT @Hp87510;"PTSTAT?" ! 位相追従測定が正常におこなわれたら1が返されます。(S03コマンド)
4380  ENTER @Hp87510;Status
4390  RETURN
4410  !
4420 Marker_setup:!
4430  OUTPUT @Hp87510;"MARK1"
4440  OUTPUT @Hp87510;"MARKUNCO"
4450  OUTPUT @Hp87510;"UPDD OFF"
4460  OUTPUT @Hp87510;"CHAN1"
4470  OUTPUT @Hp87510;"MARKOFF"
4480  OUTPUT @Hp87510;"CHAN2"
4490  OUTPUT @Hp87510;"UPDD ON"
4500  RETURN
  :    :
4550 Measurement:!
4560  !
4570  Status=0
4580  OUTPUT @Hp87510;"PTRACK ON" ! 位相追従機能オン(チャンネル2)(S03コマンド)
4590  OUTPUT @Hp87510;"DISAHIHB"
4600  !
4610  DISP "CONNECT DEVICE, and PRESS CONTINUE."
4620  PAUSE
4630  !
4640  LOOP
 :     :
4670  !
4680    T1=TIMEDATE
4690  !
4700    DISP "MEASURING"
```

```
4710    OUTPUT @Hp87510;"REST"     ! チャンネル１で周波数掃引測定を行います。
4720    OUTPUT @Hp87510;"HOLD"
4730    WAIT Sweep_time1+.02       ! チャンネル１の測定が終わる迄待ちます。
4740    GOSUB Fr_srch_ch1          ! チャンネル１の測定結果より共振周波数を求めます。
4750    GOSUB Bw3_analysis         ! チャンネル１の測定結果より3dB帯域幅を求めます。
4760    OUTPUT @Hp87510;"PTFR3W ";Bw3  ! 3dB帯域幅を入力します(SO3コマンド)
4770    IF Fr=0 THEN
4780      BEEP
4790      DISP "FR does NOT EXIST."
4791      Status=0
4800    ELSE
4810      OUTPUT @Hp87510;"PTFR ";Fr     ! 位相追従開始周波数を入力します(SO3コマンド)
4830      EXECUTE "SING"             ! 位相追従測定を開始します。
4840      GOSUB Pt_status            ! 位相追従測定が正常に行われたか確認します。
4850      GOSUB Analysis_ch2         ! 位相追従測定の結果を解析します。
4851    END IF
4860  !
4870    T2=TIMEDATE
  :     :
4910    GOSUB Printing               ! 結果出力
  :     :
5160  RETURN
 :      :
5300 Bw3_analysis: !
5310  ! EXECUTE "ANAOCH1"
5320  ! EXECUTE "ANAODATA"
5330  WRITEIO 8,0;0
5340  WRITEIO 8,1;9
5350  EXECUTE "OUTPRESF?"
5360  Bw3_l=READIO(8,4)
5370  Bw3_r=READIO(8,5)
5380  Bw3=Bw3_r-Bw3_l
5390  RETURN
5410  !
5420 Analysis_ch2: ! チャンネル２のドライブ特性測定の結果を解析します。
  :     :
5580  OUTPUT @Hp87510;"PTFR?" ! チャンネル２の位相追従機能で測定した共振周波数
5590  ENTER @Hp87510;Fr        !（チャンネル１で測定した値とほぼ同じになります。）

位相追従機能が開始されると、最初にもう一度共振周波数を求めます。そして、その値を
PTFR?の返り値にセットします。この返り値とチャンネル１で求めた共振周波数は、
測定の時期ずれているため、測定のばらつきの範囲内で差がでます。

5600  RETURN
  :     :
5750 Print_setup: !
  :     :
このサブルーチンは画面下半分で表示する結果の中の代表的なドライブレベル（0.1 μW, 1 μW等）
がどの測定点になるかを計算し、Print_pointの配列に入れます。
本機のドライブレベルは[dBm]で設われますので、このような計算が必要となります。
  :     :
6030  RETURN
  :     :
6060 Printing:  !
  :     :
6320  FOR I=1 TO Print_num
6330    WRITEIO 8,0;Print_point(I) !
6340    EXECUTE "OUTPDATTP?" ! データ・トレースのデータ（共振インピーダンス）の読み込み
6350    Z=READIO(8,1)
6360    SELECT Format_para
6370    CASE 1
```

```
6380      EXECUTE "OUTPMEMTP?" ! サブ・トレースのデータ（共振周波数）の読み込み
6390      Freq=READIO(8,1)
6400      PRINT USING "5D.4D,9X,6D.D,6X,8D.3D";W_min*10^(Digit(I)/10)*1.E+6;Z;Freq
6410    CASE 2
6420      EXECUTE "OUTPMEMTP?"
6430      Phase=READIO(8,1)
6440      PRINT USING "5D.4D,9X,6D.D,6X,4D.2D";W_min*10^(Digit(I)/10)*1.E+6;Z;Phase
6450    END SELECT
6460  NEXT I
6470  PRINT
6480  RETURN
```

振動子の 3dB 帯域幅が決まっている場合

付属のサンプルプログラムディスクの S03_D1CH_P プログラムを使って測定を行います。

このプログラムでは、チャンネル 1 で位相追従機能を使ったドライブ特性測定を行います。入力された公称共振周波数から実際の共振点を見つけるまで周波数掃引を行います。実際の共振点が見つかったら、そこからドライブレベルを変えて位相追従機能を使って、共振周波数と共振インピーダンスを求めていきます。(図 2-4 参照)

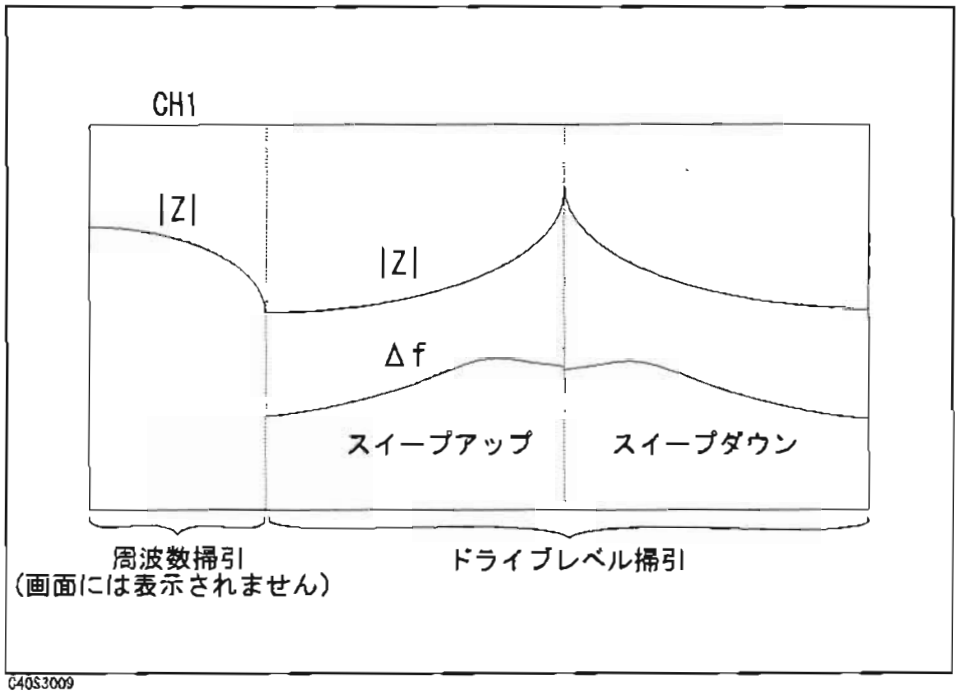


図 2-4. 3dB 帯域幅が決まっている場合の測定

測定に必要なパラメータ

このプログラムを実行させると以下のパラメータの入力が必要になります。

- 位相追従測定開始周波数 (公称共振周波数)
- π型ネットワーク校正の為の周波数スパン
- IF バンド幅
- アッテネータ切り替えによって生じる振動子の応答の乱れを落ち着かせる為の待ち時間 (10 msec から 40 msec 程度)
- 振動子の 3dB 帯域幅
- 追従する位相値 (通常は 0°)
- 位相追従の範囲 (通常は 8°)
- 共振周波数サーチ範囲 (実際の共振周波数が公称共振周波数からこの値で設定された範囲内になければいけません。)
- Z - Δf 表示、または Z - 位相 (通常は Z - Δf 表示)
- 最小ドライブレベル

- 最大ドライブレベル
- 最小ドライブレベルでの共振抵抗値
- 最大ドライブレベルでの共振抵抗値
- 測定点数（アップ・スイープの値、ダウン・スイープは同じ値になります。）（レベルを 10 倍変化させる間に 3 点は最低必要です。）

測定結果

結果表示は「振動子の 3dB 帯域幅が決まっていない場合」の場合とほぼ同じです。違いはチャンネル 1 の測定画面が無いだけです。

追従測定がうまくいかない場合

追従測定がうまくいかない場合は、"CH1 TARGET VALUE NOT FOUND"が測定画面に表示され、測定終了後に、BASIC 画面には"FAIL　CONNECT NEXT DEVICE and Press Continue"が表示されます。原因や対策は第 3 章の「位相追従がうまくいかない場合の原因と対策」をご覧ください。

プログラム・リストの解説

公称共振周波数を位相追従開始周波数（PTFR）に代入し、共振周波数サーチ範囲で設定された周波数の範囲で、実際の共振周波数を求めます。最小レベルでの実測共振周波数はPTFR?の返り値にその値がセットされます。

このプログラム・リストで「振動子の3dB帯域幅が決まっていない場合」と同じ所は省略しています。

```
1000 !************************************************
1010 !*
1020 !* FILE:          S03_D1CH_P
  :     :
1540  OUTPUT @Hp87510;"PRES"
1550  GOSUB Setting
1560  GOSUB Default_track
1570  GOSUB Track_data_set
1580  GOSUB Power_setup
1590  GOSUB Set_ch1
1600  GOSUB Pi_cal
1610  CLEAR SCREEN
1620  GOSUB Set_ch1_part2
1630  GOSUB Tracking_setup
  :     :
1650  GOSUB Measurement
1660 !
1670  STOP
  :     :
1750 Default_sett:!
1760  Z0=12.5
1770  Center=19.9915    ! 振動子の公称共振周波数(MHz)
1780  Span1=10          ! キャリブレーション時のスパン(kHz)
1790  Nop1=201          ! キャリブレーション時の測定点数
1800  Wait_time=10      ! アッテネータの切り替え待ち時間(msec)
1810  Ifbw1=1000        ! IFバンド幅(Hz)
1820  RETURN
  :     :
1940 Default_track:   !
1950  Span_srch=3       ! 共振周波数サーチ範囲(kHz)
1960  Span_srch=Span_srch*1000
1970  Bw3=500           ! 振動子の3dB帯域幅(Hz)
1980  Targetphase=0     ! 追従する位相値(deg)
1990  Phaselimit=8      ! 位相追従の範囲(deg)
2000  Reffreq=Center    !
2010  Format_para=1     ! 結果表示の設定(Z - Δf=1, Z - 位相=2)
2020  RETURN
  :     :
2760 Set_ch1_part2:!
2770  OUTPUT @Hp87510;"CHAN1"
2780  OUTPUT @Hp87510;"POWE ";P_min
2790  OUTPUT @Hp87510;"FREELIST ON"
2800  OUTPUT @Hp87510;"SPAN 0"
2810  GOSUB List_set_linear
2820  OUTPUT @Hp87510;"ATTW "&VAL$(Wait_count)
2830  OUTPUT @Hp87510;"MARK1"
2840  RETURN
  :     :
3880 Tracking_s  up: !
3890  OUTPUT @H   7510;"DISAHIHB"
3900  GOSUB Format_set
3910  OUTPUT @Hp87510;"PTFR ";Reffreq ! 追従開始周波数を入力します。(S03コマンド)
3920  OUTPUT @Hp87510;"PTFRBW ";Bw3 ! 3dB帯域幅を入力します。 (S03コマンド)
3930  OUTPUT @Hp87510;"PTTRGPBS ";Targetphase
3940  OUTPUT @Hp87510;"PTTRGLMT ";Phaselimit
3950  OUTPUT @Hp87510;"PTFRSR ";Span_srch ! 共振点サーチ範囲を入力します。
3960  OUTPUT @Hp87510;"PTFRUPD ON"
```

```
3970  RETURN
  :     :
4190 Measurement:!
4200  !
4210  Status=0
4220  OUTPUT @Hp87510;"PTRACK ON" ! 位相追従機能オン(S03コマンド)
4230  OUTPUT @Hp87510;"DISAHIHB"
4240  !
4250  DISP "CONNECT DEVICE, and PRESS CONTINUE."
4260  PAUSE
4270  !
4280  LOOP
4290  !
4300    T1=TIMEDATE
4310  !
4320    DISP "MEASURING"
4330    EXECUTE "SING"            ! 測定を開始します。
4340    GOSUB Pt_status           ! 位相追従測定が正常に行われたか確認します。
4350    GOSUB Analysis            ! 位相追従測定の結果を解析します。
4360  !
4370    T2=TIMEDATE
4380  !
4410    GOSUB Printing
  :     :
4660  RETURN
  :     :
```

ドライブレベルの結果表示について

サンプルプログラムでは、測定後のドライブレベルの値は最初に入力された共振インピーダンスから計算されたものを表示していますが、実際の測定された共振インピーダンスからドライブレベルを計算し、表示することも可能です。以下にそのリストを示します。

```
Printing:!
  :     :
FOR I=1 TO Print_num
WRITEIO 8,0;Print_point(I)
EXECUTE "OUTPDATTP?"
Z=READIO(8,1)
P_w_print(I)=10^(Pwr(Print_point(I))/10)/1000
V_print(I)=.182764*SQRT(P_w_print(I)*50)
P_print(I)=(V_print(I)/(25.127+Z))^2*Z
SELECT Format_para
CASE 1
  EXECUTE "OUTPMEMTP?"
  Freq=READIO(8,1)
  PRINT USING "5D.2D,9X,6D.D,6X,8D.3D";P_print(I)*1.E+6;Z;Freq
CASE 2
  EXECUTE "OUTPMEMTP?"
  Phase=READIO(8,1)
  PRINT USING "5D.2D,9X,6D.D,6X,8D.3D";P_print(I)*1.E+6;Z;Phase
END SELECT
NEXT I
PRINT
RETURN
```

経時特性測定

経時性測定のサンプルプログラムは、以下の条件で作られています。

- π型ネットワーク治具を使用します。
- 特性インピーダンスは、一般的なπ治具にあわせて 12.5Ωに設定しています。
- 3dB 帯域幅は決まっていない振動子を測定する。

付属のサンプルプログラムディスクの S03_TEMP_P プログラムを使って測定を行います。

このプログラムでは、チャンネル 1 において、ドライブレベル掃引の最小レベルで、周波数掃引を行い、3dB 帯域幅を求め、その後チャンネル 2 で位相追従機能を使った経時測定を行います。

測定に必要なパラメータ

このプログラムを実行させると以下のパラメータの入力が必要になります。

- 3dB 帯域幅を求めるために必要なパラメータ（チャンネル 1）
  - 振動子の公称共振周波数（センター周波数の設定）
  - 周波数掃引スパン
  - IF バンド幅
  - 測定点数
- 経時特性測定の設定パラメータ（チャンネル 2）
  - IF バンド幅
  - 測定点数
  - 掃引時間
  - 追従する位相値（通常は 0°）
  - 位相追従の範囲（通常は 8°）
  - 位相追従を行う前の振動子が安定するまでおこなう待ち測定の回数（振動子によって異なりますが、5 回ぐらいが適当です。）
  - Z - Δf 表示、または Z - 位相（通常は Z - Δf 表示）
  - 測定ドライブレベル
  - 共振抵抗値

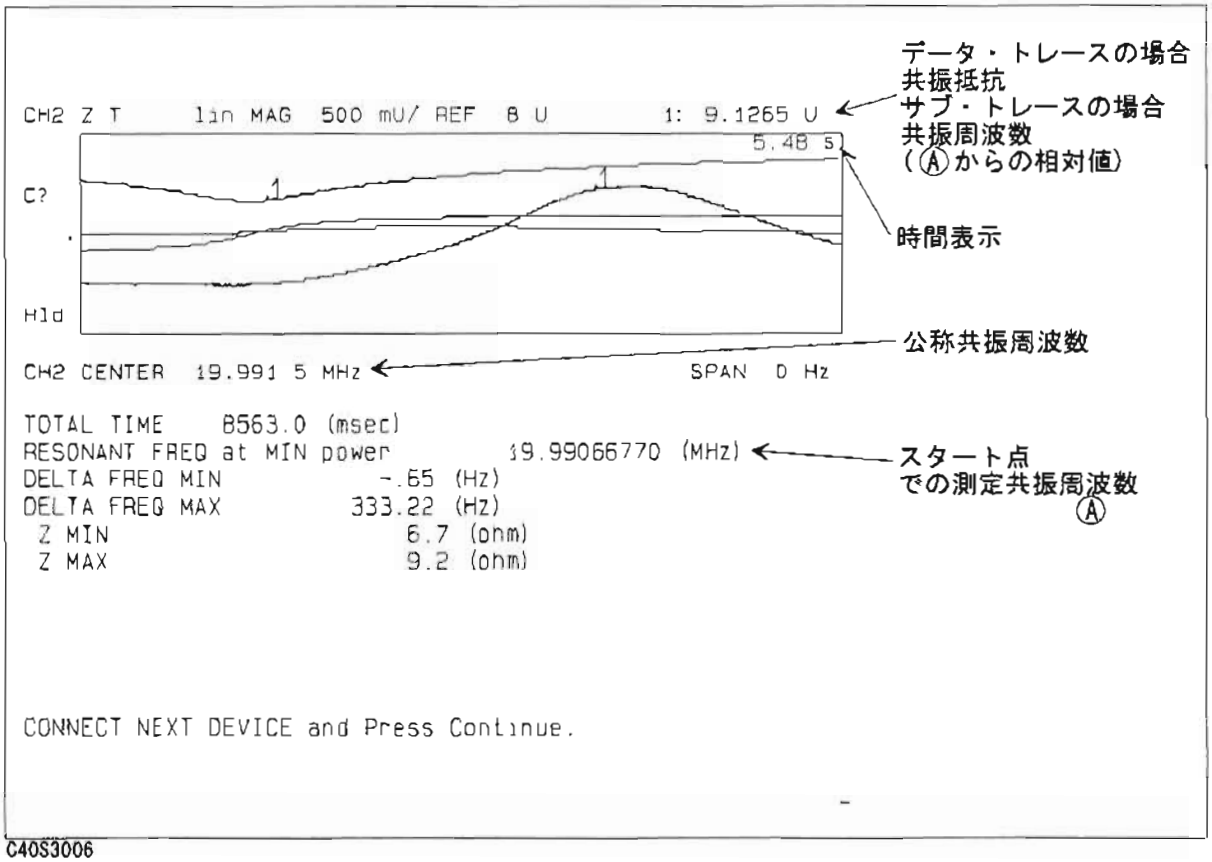
以上の入力項目は、プログラムを実行すると入力が要求されますので、画面の指示にしたがって入力してください。上記の項目順にプログラムの入力も要求されます。

測定結果

このプログラムを実行すると以下の結果が得られます。

図 2-5 は結果表示画面を示しています。画面上半分には測定画面が、下半分にはスタートポイントでの共振周波数や、代表的な共振周波数と共振インピーダンスが表示されます。測定画面の横軸（時間軸）の値はマーカの読みで表示されます。通常、スティミュラスのセンター、スパンを示す場所では表示されませんのでご注意ください。測定波形において、データ・トレースでは共振インピーダンス、サブ・トレースでは共振周波数（Δf）を示します。

共振周波数（Δf）表示では、表示値はスタートポイントで測定された共振周波数からの相対値で表示されています。



C40S3006

図 2-5. 結果表示

プログラム・リストの解説

経時特性のプログラムでは時間の表示をマーカーで表示するため、それに必要な時間換算係数をもとめる必要があります。その処理はサブルーチン Meas_time で行っています。

```
1000 !**************************************************
1010 !*
1020 !* FILE:         S03_TEMP_P
  :      :
1530  OUTPUT @Ep87510;"PRES"
1540  GOSUB Setting
1550  GOSUB Default_track
1560  GOSUB Track_data_set
1570  GOSUB Power_setup
1580  GOSUB Set_ch1
1590  GOSUB Pi_cal
1600  CLEAR SCREEN
1610  GOSUB Set_ch1_power
1620  GOSUB Set_ch2
1630  GOSUB Tracking_setup
1640  GOSUB Marker_setup
1650  GOSUB Meas_time
1660  GOSUB Measurement
1670 !
1680  STOP
```

```
  :     :
2840 Set_ch2:!
2850  OUTPUT @Hp87510;"CHAN2;AR"
2860  OUTPUT @Hp87510;"HOLD"
2870  OUTPUT @Hp87510;"COUC OFF"
2880  OUTPUT @Hp87510;"POIN ";Nop2
2890  OUTPUT @Hp87510;"POWE ";Power
2900  OUTPUT @Hp87510;"CENT ";Center
2910  OUTPUT @Hp87510;"SPAN 0"
2920  OUTPUT @Hp87510;"IFBW ";Ifbw2
2930  OUTPUT @Hp87510;"SWET ";Sweep_time2
2940  OUTPUT @Hp87510;"DISG OFF"
2950  OUTPUT @Hp87510;"SETZ ";ZO
2960  OUTPUT @Hp87510;"CONVZTRA"
2970  RETURN
  :     :
3750 Meas_time:!
3760 OUTPUT @Hp87510;"PTRACK ON"
3770 T1=TIMEDATE
3780 OUTPUT @Hp87510;"POIN 801" ! 時間換算係数計算に必要なアナログ掃引時間を調べる為にNOPを801にする。
3790 OUTPUT @Hp87510;"SWETAUTO"
3800 EXECUTE "SING"
3810 T2=TIMEDATE
3820 Meas_time=T2-T1 ! 実際の掃引時間を求める。
3830 OUTPUT @Hp87510;"SWET?" ! アナログ掃引時間を調べる。
3840 ENTER @Hp87510;Anal_sweep_t
3850 OUTPUT @Hp87510;"PTPMNUM?" ! 位相追従測定を開始する前の疑似測定の回数を調べる。
3860 ENTER @Hp87510;Premeas_num
3870 Pt_overhead=(Meas_time-Anal_sweep_t-(.004*Premeas_num)-.03)/(801+Premeas_num) ! 時間換算係数を計算する。
3880 OUTPUT @Hp87510;"PTOVHD ";Pt_overhead ! 時間換算係数を入力する。
3890 Analog_sweep_t=Sweep_time2-(Pt_overhead*Nop2)  ! アナログ掃引時間をもとめる。
3900 OUTPUT @Hp87510;"SWET ";Analog_sweep_t
3910 OUTPUT @Hp87510;"POIN ";Nop2
3920 RETURN
  :     :
```

3

位相追従機能での注意点

位相追従がうまくいかない場合の原因と対策

位相追従がうまくいかない場合の原因と対策を示します。

- ドライブレベルの測定点数が少ない。
  - 対策：測定点数を多くして、もう一度測定を実行してください。（詳しくは第 5 章をご覧ください。）
- 実際の共振周波数が掃引範囲外にある。
  - 対策：共振周波数を確認し、もう一度測定を行ってください。
- 掃引が速すぎて振動子が追いつかない。
  - 対策：フロント・パネルより掃引時間を遅く設定し、もう一度測定を行ってください。
- 掃引の途中でひげがでる。
  - 対策：アッテネータの切替時間を遅く設定し、もう一度測定を行ってください。
- 3dB 帯域幅があらかじめわかっている測定の場合において、入力した 3dB 帯域幅の値が実際の振動子とあっていない。
  - 対策：3dB 帯域幅の値を確認し、もう一度測定を行ってください。

以上のような原因が考えられますが、結果表示を “Z-位相” 表示にし、どの点でリミット値を越えて追従できなくなったのか確認して、原因を究明してください。

位相追従機能での制限

位相追従機能がオン（PTRACK ON）の場合には以下の点で制限があります。

- アベーレージング機能は使用できません。
- リミット・テスト機能は使用できません。
- SWEEP TIME で指定した時間と実際のスイープ時間は異なります。

4

オプションS03なしのHP 87510Aとの相違点

この章では、オプション S03 なしの HP 87510A との相違点を以下に示します。

オプション S03 での制限

オプション S03 には以下の点で制限があります。

- オプション S03 付きの測定器でセーブしたデータはオプション S03 なしの HP 87510A ではリコールできません。

オプション S03 のみの機能

オプション S03 のみで使用可能な機能を示します。

- インスツルメント BASIC クイック エグゼキューション機能
  - BASIC プログラムのファイル名で下記の拡張子をつけることにより、RECALL キーを押した際に、そのファイル名が表示されます。そして、対応するソフトキーを押せばそのプログラムをロードし、実行します。

    LIF フォーマット　"_P"

    DOS フォーマット　".PRO"

5

位相追従機能の動作説明

位相追従機能は測定信号周波数を決められた共振の位相値（PTTRGPHSで設定される値）になるように追従させ、その周波数とインピーダンスをもとめる機能です。実際の測定で行っていることを説明します。

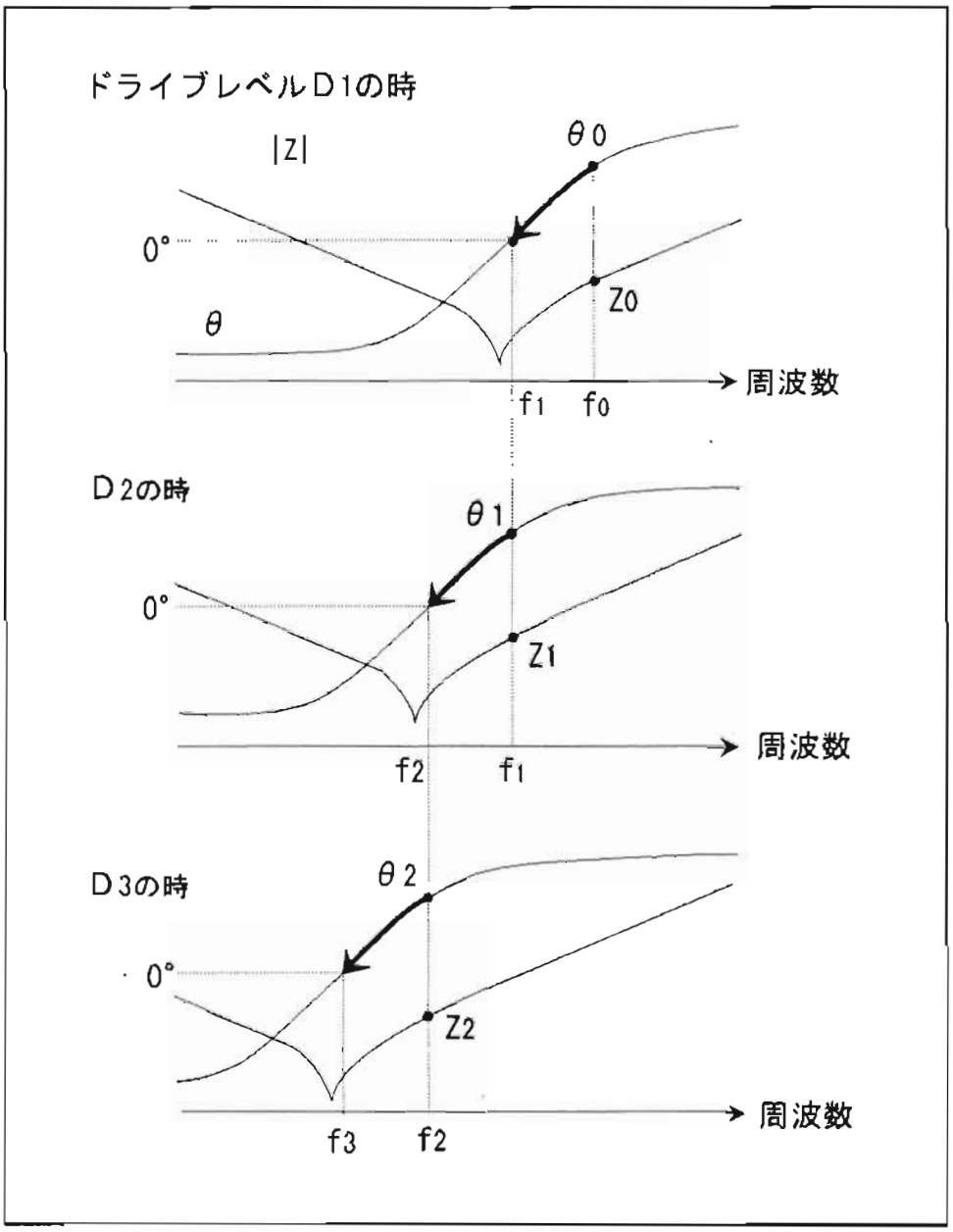


図 5-1. 位相追従測定

1. 振動子の位相およびインピーダンスの波形がドライブレベル D*1*のとき図 5-1 の一番上のような特性を持っていたとします。周波数 f*0*で測定した場合、位相θ*0*とインピーダンス Z*0*が測定されます。
2. 位相θ0 からドライブレベル D*1*の共振周波数 f*1*を計算します。これは、後述の式により計算しています。
3. 測定結果として、ドライブレベル D*1*での共振インピーダンスを Z*0*、共振周波数を f*1*として表示します。(Z-位相表示の場合はθ0 が表示されることになります。)
4. 次に、ドライブレベルを D*2*に変えると、振動子の特性により、位相およびインピーダンスの波形が D*2*の時の波形に変化したとします。

5. ここで、測定周波数 f1で測定します。その結果、位相θ1とインピーダンス Z1が測定されることになります。
6. 位相θ1 からドライブレベル D2の共振周波数 f2を計算します。
7. 測定結果として、ドライブレベル D2での共振インピーダンスを Z1、共振周波数を f2として表示します。(Z-位相表示の場合はθ1 が表示されることになります。)
8. ドライブレベルを D3にし、測定周波数 f2で測定すると、位相θ2とインピーダンス Z2が測定されることになります。
9. 位相θ2からドライブレベル D3での共振周波数 f3を計算します。
10. 測定結果として、Z2,f3を表示します。
11. 以上の測定を繰り返します。

この方法では、測定された位相からそのドライブレベルでの共振周波数を式から予測しますが、その予測された周波数では新たに測定は行ないません。すなわち、インピーダンスの測定結果は、1つ前の共振周波数での値になります。しかし、インピーダンスの波形は傾きがゆるやかなので、位相のリミット値 (PTTRGLMT で設定される値) をある程度狭くしておくことで、測定誤差はわずかな値にすることができます。リミット値 8°の場合インピーダンスの測定誤差は 1%以内、18°の場合で 5%以内です。

測定された位相が、リミット値を越えた場合、測定周波数は変化させずに測定を続行し、TARGET VALUE NOT FOUND を表示します。もし再び、測定位相がリミット値以内になった場合は位相追従測定を開始します。

ドライブレベルの設定間隔が広くなると、振動子の位相特性の変化が大きくなり、リミット値を越える場合があります。

共振周波数の計算式を下記に示します。この式では共振点近傍の位相波形の傾きを 3db バンド幅 [Hz]/2 [rad] としています。

$$f_r = f_m + \frac{BW}{2}\frac{\pi}{180}(\theta_m - \theta_o)$$

ここで、

f_r	共振周波数
f_m	測定周波数
BW	3dB 帯域幅
θ_m	測定位相値
θ_o	追従する位相値 (PTTRGPHS での設定値)

6

オプションS03特有のコマンド・リファレンス

FREELIST␣{OFF|ON}

拡張リスト・スイープに設定します。

拡張リスト・スイープでは801セグメントまで設定可能になります。拡張リスト・スイープでは標準リスト・スイープのように周波数による入力後の並び変えは行わず、入力順に設定を記録します。

パラメータ	説明
OFF	標準リスト・スイープ
ON	拡張リスト・スイープ

LINM{F|P}

位相追従機能の表示形式を切り替えます。

パラメータ	説明
F	Z - Δf 表示
P	Z - 位相表示

位相追従機能ではどちらかのフォーマットに必ず設定しておく必要があります。

PTFR␣<数値>

追従開始周波数を入力します。

Query の場合：位相追従測定の1点目での測定共振周波数が返されます。

PTFR?で返される値は、位相追従測定が終了時に、実際に測定された一点目の共振周波数に変更されます。

パラメータ	範囲	初期値
<数値>	1 kHz ～ 300 MHz	1 kHz

Queryの応答

{数値} <new line><^END>

PTFRBW␣<数値>

3dB 帯域幅を入力します。

パラメータ	範囲	初期値
<数値>	−100 kHz ～ 100 kHz	1 Hz

PTFRSR␣<数値>

追従開始周波数から実際の共振点を探す範囲（スパン）を入力します。

このコマンドは 3dB 帯域幅があらかじめわかっていない場合の測定において使用します。PTFR コマンドで入力された追従開始周波数（公称共振周波数）から、このコマンドで入力された周波数範囲内で実際の共振点を測定します。

パラメータ	範囲	初期値
<数値>	0 Hz ～ 100 kHz	0 Hz

PTFOVHD␣<数値>

温度評価測定（経時測定）の際の、時間軸の表示を行うために必要なパラメータを入力します。入力のしかたは第 2 章の「プログラム・リストの解説」をご覧ください。

パラメータ	範囲	初期値
<数値>	0 ～ 1 sec	2.7 msec

PTPMNUM␣<数値>

位相追従測定を開始する前の擬似測定の回数を設定します。

このコマンドは 3dB 帯域幅があらかじめわかっている場合の測定において使用します。チャンネル 1 で 3dB 帯域幅を測定するために周波数掃引を行った後のストップ周波数からチャンネル 2 での追従開始周波数に測定周波数を変化させた場合、周波数の変化分が大きいために、振動子がその周波数での応答に落ち着くまで待つ必要があります。そのため、このコマンドで入力された回数だけ測定をおこなった後に位相追従測定を行うようにすることができます。

パラメータ	範囲	初期値
<数値>	0 ～ 1000	5

PTRACK␣{OFF|ON}

位相追従機能の ON/OFF を切り替えます。

パラメータ	説明
OFF	位相追従機能 OFF
ON	位相追従機能 ON

PTRUPD␣{OFF|ON}

共振周波数の測定結果はある基準周波数からの相対値で表示されますが、その基準周波数を切り替えます。

OFF の場合、追従開始周波数（PTFR の入力値）を基準周波数にします。ON の場合は、1 点目の実測共振周波数（PTFR?の返り値）を基準周波数にします。

サンプルプログラムでは ON になっています。

パラメータ	説明
OFF	追従開始周波数を基準周波数にする
ON	1 点目での実測共振周波数を基準周波数にする

PTSTAT?

位相追従測定が正常に行われたかどうかを返します。(Query のみ)

返り値	説明
0	位相追従ができない点があった。
1	位相追従が正常に行われた。

PTTRGLMT␣<数値>

位相のリミット値を定義します。詳しくは第 5 章をご覧ください。

パラメータ	範囲	初期値
<数値>	0° ～ 180°	8°

PTTRGPHS␣<数値>

共振点の位相を定義します。詳しくは第 5 章をご覧ください。

パラメータ	範囲	初期値
<数値>	−180° ～ 180°	0°

** For HP Internal Reference Only **

Manufacturing Part Number

87510-97007

Customer Order Number

87510-97007

Printed in Japan